

堤防開削調査における UAV 測量の活用事例

中央開発株式会社 ○犬飼 唯人, 栗原 朋之, 山田 忠利, 中瀬 千遥

1. はじめに

堤防開削調査は、樋門等河川構造物を構築する際に行われ、堤体の土層構成の把握、築堤履歴等を確認することで、堤防の質的向上を検討する際の重要資料を得ることを目的に実施される調査である¹⁾。

著者らは、従来の調査で行われる写真撮影やスケッチ作成等による断面観察に加えて、UAV 測量（写真測量・レーザ測量）および三次元点群データを活用し、断面画像や現況堤防の形状等、重要情報の収集を行った。本稿では、従来の調査手法との比較を行い、堤防開削調査に対する UAV 測量および三次元点群データの有用性についての考察、課題点を報告する。

2. 堤防観察手法の提案

堤防開削調査は河川の流量が少ない渇水期に行われ、出水期には堤防を健全な状態に戻すことが求められる。そのため、作業の効率化や省人化を行い、調査期間を短縮することで工事スケジュールへの影響を軽減させることが望ましい。特に調査内で行われる、開削断面や周辺構造物のスケッチや写真の撮影は、調査資料において当時の状態を把握する上で非常に重要である。しかし、断面観察後には原位置試験や試料採取等を実施するため、整形された開削断面を撮影できる期間は限られており、調査範囲全体の情報を詳細に取得することは難しい。以上のことから、本調査では、周辺状況の観察や開削断面・構造物観察において UAV 測量と三次元点群データを用いることで、現地の観察、計測精度を担保しつつ、現況を効率的に記録し、机上と現地での観察を比較することで、UAV 測量の有用性について検討した。

3. 写真・レーザ測量および解析の方法

表-1に UAV 測量機材諸元を示す。UAV は DJI 社の MATRICE300RTK を使用した。飛行高度50mで開削面積約3000m²およびその周辺を測量し、連続写真を用いた

SfM/MVS (Structure from Motion/Multi-view Stereo) による写真測量と LiDAR 機能を用いたレーザ測量を行い、三次元点群データを取得した。写真測量は点群密度が高く、堤防開削断面等の詳細な観察が可能である。しかし、処理に時間がかかることが課題として挙げられる。これに対し、レーザ測量の点群密度は写真測量に比べると劣るが、広範囲において迅速な測量を行える。また、植生に覆われている箇所でも地形データを取得できるため、堤防法面や周辺構造物の形状把握が可能である。SfM/MVS による写真の解析には Agisoft 社の Metashape Professional を使用し、LiDAR を用いたレーザ測量による点群の作成には DJI 社の DJI TERRA PRO を使用した。

表-1 UAV 測量機材諸元

機器名	機種名	スペック	
レーザ測量 (LiDAR)	ZENMUSE L1	高精度垂直精度	5cm@50m
		高精度水平精度	10cm@50m
		点率	480000点/秒
写真測量 (カメラ)	ZENMUSE P1	写真サイズ	8192×5460
		画素寸法	4.4 μm
		焦点距離	35mm
		地上画素寸法	6.29mm

4. UAV 活用の有用性

(1) 写真測量の活用

図-1に写真測量を用いて作成したオルソ画像（断面投影）と現地でのスケッチの比較を、図-2に三次元メッシュモデルを示す。測量時間は46分、撮影枚数は2130枚であり、点群作成のための解析時間は19.5時間であった。点群の密度は1m²あたり約1200点であった。本堤防は、粘性土 (Bc1, Bc2) を主体とした2層構成であり、表層は礫質土 (Bg1)が腹付け盛土され、中央部には薄層状に礫質土 (Bg2)、砂質土 (Bs) が分布している。オルソ画像からは地層境界や腹付け盛土、水みちを確認することができる。これらの情報は現場での観察と整合も取れているため、現場での作業を短時間で終わらせつつ、精度の良い観察手法として有用であると考えられる。

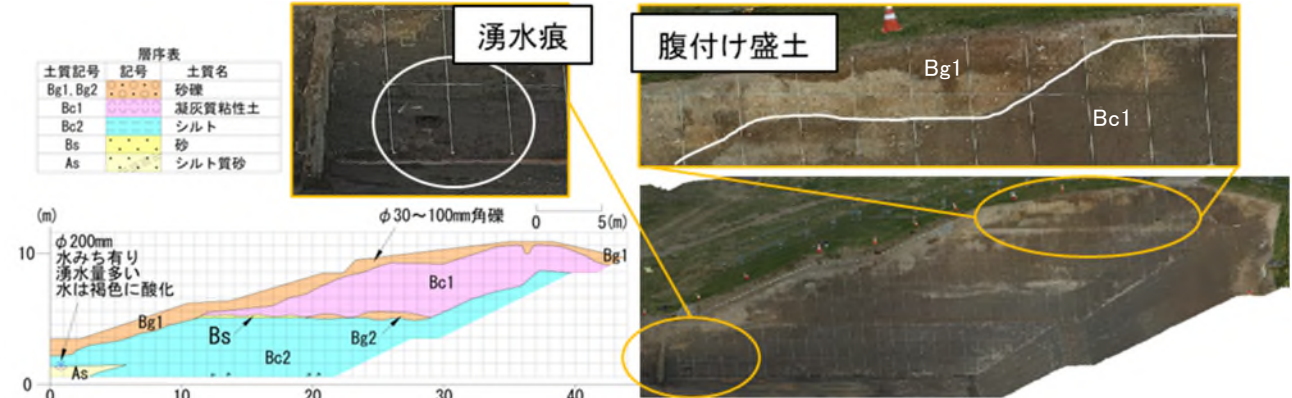


図-1 開削断面スケッチと写真測量により作成したオルソ画像の比較

また、図-3 にオルソ画像より確認できる堤防の特徴を示す。画像からは、堤防開削端部に遮水シートや大型連結ブロック、矢板等が確認できる。このように調査当時における堤体内の被覆土工等の施工状況も記録することができる。

しかし、詳細な地層境界や色調が類似する土層に関しては、撮影時の天候やカメラの設定により画像の色調が変化するため判断が難しい。このため、従来行われる現地での断面観察や付近のボーリングデータ、室内土質試験結果と合わせて整理する必要がある。



図-2 三次元メッシュモデル



図-3 オルソ画像より確認できる堤防の特徴
(左:堤防面のクラック 右:被覆土工)

(2) レーザ測量の活用

図-4にレーザ測量を用いて作成した三次元点群データを、図-5に三次元点群データより作成した堤体断面に示す。測量時間は約9分であり、点群作成のための解析時間は約30分であった。点群の密度は1m²あたり約950点であった。レーザ測量では開削断面、堤体や高水敷等の周辺の地形面、構造物のデータを広範囲にわたって取得することができた。また開削調査時の目視確認や計測での堤体法面周辺の形状確認に加え、三次元点群データより作成した堤体断面と周囲の標準断面を比較することにより変状の有無などの検討も可能である。また、定期的なレーザ測量により、時系列ごとの三次元点群データを比較することで堤体や構造物の変状の有無や堤体と構造物接触部の開き等の点検を行う事も可能である。

また、レーザ測量による点群作成は写真測量に比べ、処理時間が早い。これは速報データ、中間資料等作成の

ための迅速なデータ提供に有用であり、本調査でも午前中に取得したデータを作成し、午後の発注者向け見学会の説明資料に使用した。



図-4 レーザ測量により作成した三次元点群データ

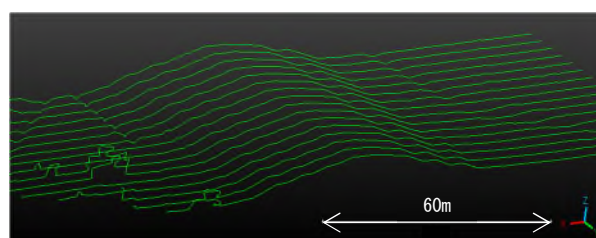


図-5 三次元点群データより作成した堤体断面

5. まとめ

堤防開削調査において SfM/MVS による写真測量と LiDAR によるレーザ測量を活用し、資料を作成した。両者とも開削断面や構造物、周辺の植生や土地利用状況を鮮明に記録できた。その中でも、写真測量では写真やスケッチだけでなく開削断面の土層や水みちの把握、調査当時の施工状態を高解像度で保存できる特徴があるため、その後の断面や周辺状況の把握に対し、非常に有用であると考えられる。レーザ測量では堤体や構造物、周辺地形の形状を把握し、変状の確認や計測を容易に行えるため、長期的なデータの蓄積により時系列的に堤体や構造物の点検が可能となる。今回の成果から、対象面積が数100m²以下では写真測量の高解像度が、1ha以上ではレーザ測量の迅速さが、強みとなると考える。

これらのデータは、堤防の基礎資料となるだけでなく、土層ごとの排出土量の計算や、地層境界や堤防形状のCAD図面化、浸透流解析のモデルの精度向上、QGIS等を用いた原位置試験の位置や試験結果のデータの一元化された管理等、活用の幅は広く、その後の工事計画でも活用可能な地盤データを作成することも可能である。このような活用方法は、堤防の維持管理にも寄与できると考える。

《引用・参考文献》

- 1) 河川堤防開削時の調査マニュアル(2011):国土交通省 河川局治水課。